

# TÉCNICAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA EN LA EVALUACIÓN DE LA MICRODUREZA EN UNA RESINA COMPUESTA DE NANOPARTÍCULAS

## ADDITIONAL CURING TECHNIQUES IN EVALUATING MICROHARDNESS IN A COMPOSITE RESIN OF NANOPARTICLES

Jimmy Málaga Rivera<sup>1, 2a</sup>

### RESUMEN

**Objetivo.** Comparar la microdureza en una resina compuesta de nanopartículas, frente a las técnicas de fotopolimerización complementaria; basándonos en el principio de longitud de onda e intensidad de luz que necesitan estos materiales para su conversión. **Material y métodos.** Estudio experimental. Se fabricaron 90 bloques de una resina compuesta de nanopartículas cuyas medidas fueron 10mm de diámetro y 2mm de espesor, los cuales fueron separados en tres grupos, según el tipo de exposición de luz: técnica de Luz Baja (Soft star), técnica de luz Intermitente (Blinking light), técnica de Luz Intensa (bright light), posteriormente las muestras fueron llevadas a un indentador de última generación ZWICK / ROLL Indentec ZHV, con un aumento (ocular) de 20X para divisar mejor la huella en donde se les aplicó una carga de 500g. sobre la superficie (Indentación), con el fin de determinar la microdureza. **Resultados.** Los resultados mostraron según el análisis de ANOVA diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ( $p=0,00<0,05$ ); por lo que se evaluó con una prueba de comparación múltiple si los tres grupos fueron distintos o hay uno de ellos que difiere de los otros; encontrándose que existe diferencia estadísticamente significativa en los valores de microdureza en la técnica *soft star* con respecto a las otras técnicas. **Conclusión.** La resina compuesta de nanopartículas, expuesta con la técnica *Soft star*, presenta mayor microdureza, frente a las expuestas con las otras técnicas; por lo que se recomienda el uso de esta técnica en la polimerización de una resina compuesta en cada incremento tanto en el sector anterior como posterior; con la finalidad de producir mayor conversión del monómero a polímero y de esta manera perdurar en el tiempo. KIRU. 2016; 13(1):51-59

**Palabras clave:** Polimerización; nanopartículas; prueba de microdureza Vickers(Fuente: DeCS BIREME).

### ABSTRACT

**Objective.** To compare the microhardness in a composite resin of nanoparticles with complementary techniques of light curing r; based on the principle of wave length and intensity of light that need materials for their conversion. **Material and methods.** Experimental study. 90 blocks of a composite resin of nanoparticles whose dimensions were 10mm of diameter and 2mm of thick were manufactured, those blocks were separated into three groups according to the type of light exposure : technique of Low Light (Soft star), technique of flashing light (Blinking light), technique of intense light (strong light), then the samples were taken to an indenter of last generation Zwick / ROLL Indentec ZHV with an increase (eye) of 20X to see better the footprint where a load of 500 g on the surface (indentation) was applied in order to determine the microhardness. **Results.** The results showed according to the ANOVA analysis showed a statistically significant difference between groups ( $p = 0,00 < 0,05$ ); so it was evaluated with a multiple comparison test if the three groups were different or there is one that differs from the others ; finding that there is statistically significant difference in the values of microhardness in the technique *Soft star* with respect to other techniques. **Conclusion.** The composite resin of nanoparticles exposed to soft star technique , has a higher microhardness, in comparison to those exposed to other techniques; so the use of this technique in the polymerization of a composite resin is recommended in each increase in both the anterior and posterior sector; in order to produce higher conversion of monomer to polymer and of that. KIRU. 2016; 13(1):51-59.

**Keywords:** Polymerization; nanoparticles; microhardness tests Vickers (Source: MeSH NLM).

1 Área preclínica de Prótesis Dental Fija, Universidad Alas Peruanas. Lima, Perú.

2 Área de Anatomía Dental y Oclusión, Universidad Juan Pablo II. Lima, Perú.

a Cirujano dentista, Doctor en Investigación Científica, Docente Responsable.

### Correspondencia:

Jimmy Málaga Rivera

Dirección: Calle Doña Virginia 133A - Santiago de Surco- teléfono: 997823620

Correo electrónico: jimmycdma@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la odontología restauradora requiere de materiales que resistan las fuerzas de la masticación, ejercidos por los músculos masticadores. La microdureza es una propiedad física de gran importancia para po-

der comparar materiales restauradores en odontología, teniendo en cuenta que la misma, está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas de un material; que se define como la resistencia que opone un material al tratar de ser rayado o penetrado por otro.

Diversos procedimientos clínicos, utilizan materiales de fotoactivación como son las resinas compuestas, adhesivos destinatorios, cementos resinosos, bases cavitarias, entre otros; cada protocolo clínico presenta tiempos, potencias y características de distinta activación; debido a la diversidad de procedimientos que dependen de una fuente emisora de luz, las industrias de equipos odontológicos han introducido en el mercado aparatos de altísima tecnología, con recursos específicos para diferentes situaciones clínicas.

El conocimiento de las propiedades fisicoquímicas y de las características de manipulación de los materiales dentales, asociado al conocimiento de las unidades de fotoactivación, como funcionamiento básico, indicaciones de uso, características ergonómicas y características físicas de la luz emitida, garantizan al profesional, mayor seguridad de aplicación y menor índice de fracaso en los protocolos clínicos dependientes de luz.

Actualmente; el uso de los materiales para restauraciones adhesivas directas, son de gran demanda en la odontología; por eso las resinas compuestas son los materiales utilizados de manera constante, por que brindan una mejor estética, capaces de imitar con mayor naturalidad las propiedades ópticas de los tejidos dentarios, sin sacrificar sus propiedades físico - mecánicas, como parte importante es la microdureza no sólo de manera individual sino asociada a la estructura dental; dentro de estas resinas compuestas, tenemos una amplia gama de opciones, en la que tomaremos en cuenta la de nanopartículas, por ser las más actuales a base de nanotecnología; las grandes ventajas de estos materiales son su comportamiento mecánico, brillo, lisura superficial y mantención del pulido en el tiempo; las cuales se sobre evidencian cuando no son utilizadas correctamente, en una discromía o fractura del material; entonces, debemos de realizar una correcta evaluación no solo en sus propiedades ópticas sino también en sus propiedades mecánicas; por ello el presente estudio cobra singular interés, debido a la comparación de la microdureza en una resina compuesta de nanopartículas, expuesta a las técnicas de fotopolimerización complementaria.

Barbosa E. y cols., evaluaron el grado de microdureza Knoop en una resina compuesta bajo la influencia de diferentes métodos de polimerización. Fueron confeccionados 50 especímenes o probetas, y separados en 5 grupos con 10 especies cada: Grupo 1 (Control) - polimerización convencional con luz de lámpara halógena; Grupo 2 - polimerización con calor seco (estufa); Grupo 3 - polimerización con calor húmedo (autoclave); Grupo 4 - polimerización con energía de microondas; Grupo 5 - polimerización con calor y luz por 20 minutos en el prototipo experimental. Los resultados demostraron que todas las técnicas de polimerización complementaria fueron eficientes en el aumento de microdureza Knoop del composite; en todos los grupos, la región de superficie presentó los mayores valores de microdureza Knoop en relación a la región de hondo; el Grupo 5 (prototipo experimental) fue lo que obtuvo el mejor desempeño y los mayores valores de medias

de microdureza Knoop, con diferencias estadísticamente significantes para los demás.<sup>1</sup>

Riza A y cols., evaluaron la microdureza y la resistencia comprensiva de tres tipos de resinas: tetric-ceram (Ivoclar Vivadent), Compomer (compoglass, Ivoclar, Vivadent) Fuji II LC (GC Corp.) que fueron polimerizados usando la luz halógena (Optilux 501, Demetron, Kerr) y LED (Blue phase C5 Ivoclar, Vivadent) a diferentes tiempos de curado; concluyendo que en cavidades profundas es importante incrementar el tiempo de fotocurado para maximizar la microdureza y resistencia comprensiva de los materiales restauradores.<sup>2</sup>

Narváez A. y cols.; el objetivo del presente estudio fue comparar la profundidad de polimerización provocada en una resina compuesta de uso dental, por dos sistemas convencionales de fotocurado y un láser Innova 300 adaptado experimentalmente a una longitud de onda de 488 nm, realizando 12 muestras de una resina compuesta en dos diferentes espesores de acuerdo a la norma ISO 4049:2000 fotocurándose con las tres diferentes fuentes de luz, 60 días después se realizó el análisis de durometría; obteniéndose según la prueba de ANOVA diferencias significativas entre las fuentes de curado (halógena 440 mW/cm<sup>2</sup>>LED 810mW/cm<sup>2</sup>>Láser 174mW/cm<sup>2</sup> p=0,016), considerando que la LED manifestó mayor densidad de potencia mas no superó la microdureza provocada por el sistema halógeno, concluyendo que la fuente de fotocurado halógeno de 440mW/cm<sup>2</sup> de potencia, produjo mayores microdurezas en el material así como también mayores temperaturas al sensor durante el fotocurado, respecto a los otros sistemas empleados.<sup>3</sup>

David J. y cols., evaluó la dureza en la superficie y la base de dos resinas fotoactivadas empleando unidades de polimerización equipadas con luz emitida por diodos y una lámpara de luz halógena con diferentes tiempos de exposición 20, 40, 60 seg., se elaboraron cinco matrices de 5 mm. de diámetro y 2mm de espesor por grupo experimental y fotoactivados a diferentes seg., se realizó la medición con microdureza Vickers a una carga de 50 gr. demostrando en el análisis estadístico ANOVA y test de Tukey que no hay diferencia significativa entre sus variables concluyendo que ambos sistemas de luz fueron eficaces en un tiempo de exposición de 40 seg. o superior a ello.<sup>4</sup>

Horning D. y cols., evaluaron el grado de conversión de dos resinas compuestas, utilizando tres diferentes fotoactivadores LED; para ello utilizaron 30 cuerpos de prueba de 5mm de diámetro y 2mm de espesor, confeccionados en resina compuesta FiltekTM P60 (3M ESPE) (n=15) y FiltekTM Z350 (3M ESPE) (n=15), el análisis de grado de conversión fue realizado mediante espectroscopia FT-Raman (RFS 100/S, Bruker inc, Karsrue, Alemania) evaluando antes y después de la fotopolimerización, los valores de grado de conversión fueron evaluados por el análisis de varianza de Kruskal-Wallis y pos test de Dunn, con un nivel de significancia de 95%. Obteniendo como resultado un mayor grado de conversión de las resinas compuestas estadísticamente significativo para las LED de tercera generación.<sup>5</sup>

Webb L. y cols., compararon la microdureza superficial de una resina compuesta según el tipo de lámpara o fuente de luz, opacidad y tiempo de exposición. Utilizaron la lámpara halógena Astralis 10 y la lámpara LED BluePhase; de la misma manera utilizaron la resina microhíbrida 4season en los colores enamel trans super clear (ETSC), enamel A2 (A2E), dentin A2 (A2E). El tiempo de exposición empleado fue de 20, 40 y 60 s. Se confeccionaron 5 muestras de 5x5x2 mm por cada grupo de estudio. Las muestras se almacenaron durante 24 horas en un recipiente seco y oscuro después de la polimerización. Las muestras se evaluaron utilizando la prueba de microdureza Vickers con un microdurómetro HMV-2 (Shimadzu Kyoto, Japón), en la superficie superior e inferior. Los datos fueron analizados a través de la prueba de ANOVA/Tukey; para detectar diferencias entre las superficies se empleó el análisis T de Student para muestras pareadas. Los mayores valores de microdureza superficial fueron para la resina enamel trans super clear. La lámpara halógena proporcionó mayores valores de microdureza superficial. Para las lámparas LED no hubo diferencia significativa a los 20, 40 y 60s. Para la lámpara halógena a los 20s. se obtuvo los menores valores de microdureza, entre 40 y 60s. no hubo diferencia significativa.<sup>6</sup>

Ulhoa M. y cols., compararon las resinas poliméricas dentarias, polimerizadas por aparatos basados en lámpara halógena y diodo emisor de Luz (LED), utilizándose el método de disco rectificado para odontología y sus respectivos valores de microdureza; fueron realizados test en cinco resinas compuestas de diferentes marcas, polimerizadas a tiempos de 10, 20 e 40 seg. El análisis estadístico de los valores de microdureza permitió concluir que estadísticamente no hay correlación entre esas propiedades. En el análisis de microdureza, la heterogeneidad de característica del material implicó en resultados con valores de desviación relativamente altos, de forma que no fue encontrada diferencia estadística entre las muestras evaluadas. En el análisis estadístico de los ensayos basados en el método de disco rectificado, la resina que presentó mayor desgaste en los ensayos, fue la Tetric Ceram, polimerizada por el aparato de LED por 10 seg., cuyo valor medio de agresividad obtenido fue 0,170 mm<sup>3</sup>/N.m. La resina que sufrió menor desgaste fue la Charisma, polimerizada por lámpara incandescente, por un tiempo de 20 seg., cuya media de los valores de agresividad fue 0,057 mm<sup>3</sup>/N.m.<sup>7</sup>

Martins F. y cols., evaluaron la influencia de la intensidad de luz y el color en una resina compuesta con la dureza Knoop. Las probetas fueron confeccionadas, utilizando las matrices de poliéster envueltas por un anillo de cobre, conteniendo una cavidad estandarizada de 6 mm de diámetro por 2 mm de espesor. Estas cavidades fueron llenadas con resina compuesta: Fill Magic - Vigodent, con los colores A3, B3, C3, D3 e I, fotopolimerizadas a través de un fotopolimerizador Elipar, calibrado para producir 3 intensidades de luz diferentes: 450 mW/cm<sup>2</sup>, 800 mW/cm<sup>2</sup> y una intensidad de luz creciente de 100 a 800 mW/cm<sup>2</sup>; fueron confeccionados 90 probetas de prueba en un tiempo de exposición de una resina a luz halógena por

40 seg., las muestras fueron almacenadas en tubos de ensayo con agua destilada a 37 ± 1°C; después de este período, fueron realizados los test de dureza Knoop, en la superficie y fondo. Los resultados mostraron que hubo diferencia estadística en relación a intensidad de luz, entretanto en relación al color, no hubo diferencia estadística. Los autores concluyeron que el color del composite no influencia la dureza Knoop y que la intensidad progresiva, promueve los mejores resultados de dureza Knoop.<sup>8</sup>

Noguera D. y cols., realizaron un análisis comparativo del grado de polimerización y dureza de diferentes tipos de resina compuesta, utilizando lámparas LED de segunda generación y lámpara de luz halógena, se realizó en bloques de resina de 2 y de 4 mm. con diferentes tiempos de exposición 20 y 40 seg., utilizando tres LED de segunda generación y una lámpara de luz halógena, concluyendo que si bien es cierto las LED presentan características óptimas no se pueden comparar con el uso de la luz halógena con respecto a la dureza que puedan presentar la resinas en estudio, presentando una diferencia significativa entre las muestras.<sup>9</sup>

Arana, comparó diferentes resinas de fotocurado, utilizando la técnica diferida (incremental oblicua) y la dureza de cada una de las resinas de fotocurado bajo estudio, observo que la Z100 y Z250 ambos de la casa 3M, obteniendo mejores resultados en profundidad de (7,2mm para ambos) y en dureza a una distancia de la superficie de (7,4mm) con un valor para la Z100 de (64,7) y para la Z250 de (48,5) a 1kg microdureza Vickers. Los diferentes tipos de resinas presentaron menor rango de profundidad de curado al utilizar la técnica LED los cuales fueron de (1,6 a 2,8 mm); las resinas de fotocurado que mejor profundidad de polimerización obtuvieron con las diferentes técnicas fueron: Z100 A2 de la 3M y la Z250 A2 de la 3M.<sup>10</sup>

En la actualidad, debemos tener en cuenta que la odontología requiere cada vez más, materiales que resistan las fuerzas de la masticación; dentro de las propiedades mecánicas de los materiales, la microdureza es una propiedad de gran importancia para comparar materiales restauradores en odontología.

En el presente estudio se determinó la variación de la microdureza en la resina compuesta de nanopartículas, utilizando técnicas de fotopolimerización complementaria; no obstante, no nos dedicaremos a la parte estética, funcional y fonética del diente, más bien a centrar la Investigación en base a la microdureza que pueda soportar una resina compuesta, tratando de verificar si se produce o no algún cambio en la conversión de su estructura, utilizando diferentes exposiciones de luz, mediante una LED (Luz emitida por diodos).

Por estas razones se considera de fundamental importancia aportar científicamente, a partir de un estudio que determine si el uso de las técnicas de fotopolimerización complementaria, producen cambios en la microdureza, de una resina compuesta de nanopartículas.

Además este estudio sirve de punto de partida para realizar estudios que puedan demostrar la eficacia de un material restaurador en dientes anteriores o posteriores, exponiéndolos a las técnicas de fotopolimerización complementaria, tratando de crear propiedades que puedan ser beneficiosas tanto en biocompatibilidad y propiedades físicas, para poder ser utilizado a nivel clínico.

El objetivo del estudio, fue demostrar y comparar cuantitativamente la microdureza del material, en relación a las técnicas de fotopolimerización utilizada; basándose en el principio de longitud de onda e intensidad de luz que necesitan estos materiales para su conversión.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental propiamente dicho con un diseño de tipo prospectivo, transversal.

La población fue enmarcada siguiendo los criterios de inclusión, de tal forma que cada bloque de resina compuesta de nanopartículas, quede exactamente diseñado para su procesamiento en el laboratorio; el cual se llevó a cabo en las instalaciones de la sección de Ingeniería Mecánica - Laboratorio de Materiales de la PUCP, ubicado en la avenida Universitaria cuadra 18 s/n, San Miguel - Lima.

La muestra fue constituida de 30 especímenes por grupo, cada grupo fue dividido en 3 de acuerdo a la técnica empleada.

Estandarización de los especímenes de resina compuesta de nanopartículas:

- Resina compuestas (TETIRC N-CERAM) A2-3.5gr.
- Igualdad en tamaño y forma (cilíndrica).
- Igualdad en espesor, para facilitar la impresión del indentador de fuerzas (10mm diámetro x 2mm de alto).

- La superficie del material restaurador cumplió con un protocolo: ser plana y cualquier porosidad fue eliminado o pulido.
- Los bloques de resina compuesta de nanopartículas, no debieron presentar fracturas o grietas.

## TÉCNICA DE MEDICIÓN

**Confección de los moldes para la inserción de la resina compuesta de nanopartículas.** Para la elaboración de los bloques en estudio, se utilizaron láminas de acetato, reproducidas en una máquina al vacío, con la finalidad de obtener un molde cuyas medidas fueron 10mm de diámetro x 2mm de alto, según la norma; al cual se les colocó la resina compuesta de nanopartículas (RC1; RC2; RC3).

### Inserción de la resina compuesta de nanopartículas.

Se realizó el acondicionamiento del medio, en donde se colocó la resina compuesta de nanopartículas en moldes prefabricados (láminas de acetato), mediante la técnica incremental, compactándola con una espátula de puntas de teflón, cuyo espesor fueron menores y/o iguales a 2mm, simulando la inserción y con una lámina de vidrio porta objetos de 0,5 mm de espesor se presionó ligeramente en la superficie de la resina compuesta, para obtener una superficie plana, lisa y se procedió a la fotoactivación con una punta de fibra óptica muy pegada a la lámina; luego se procedió al pulido de los especímenes en sus caras laterales con discos Softflex, de acuerdo a su granulación (ISO 4049:2000); las capas se fotoactivaron por 30 seg., con una lámpara LED con una longitud de onda de 460nm y a una intensidad de 1,300mW, llevando el control con un fotómetro cada 30 bloques, las condiciones ambientales fueron de 20+-2°C de temperatura y 80 - 85% de humedad.



Figura 1: Confección de los bloques de nanopartículas.

### Conformación de los grupos

Los 90 bloques se dividieron en 3 grupos de 30 cada uno, según la técnica de fotopolimerización complementaria:

**Grupo 1:** RC1 - 30 bloques de resina compuesta de nanopartículas según la técnica de Luz Baja (Soft star).

**Grupo 2:** RC2 - 30 bloques de resina compuesta de nanopartículas según la técnica de luz Intermitente (Blinking light).

**Grupo 3:** RC3 - 30 bloques de resina compuesta de nanopartículas según la técnica de Luz Intensa (bright light).



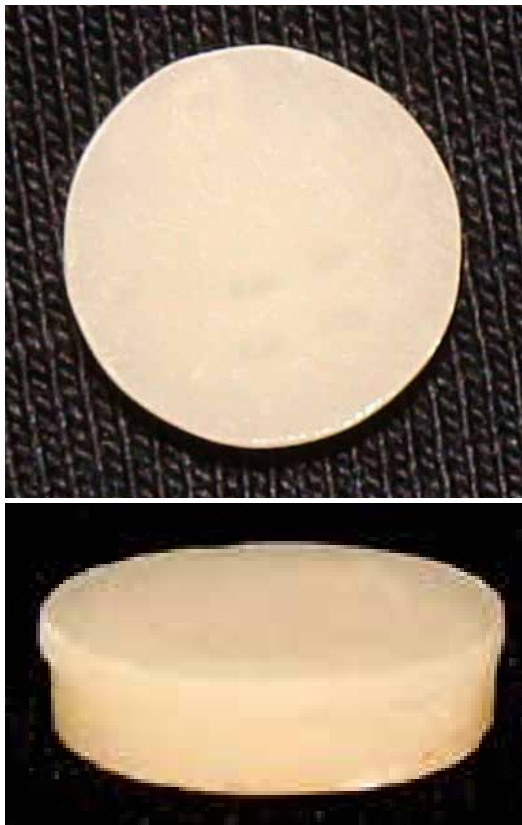


Figura 2: Conformación de los grupos.

### Procedimiento experimental Proceso de indentación (Vickers)

Al cabo de la confección de todos los bloques de resina compuesta de nanopartículas, fueron limpiadas con agua destilada y secadas con papel toalla doble hoja, seguidamente se les colocó un color como distintivo para que no sean confundidas durante la manipulación y colocadas en sus moldes (blanco, rojo, dorado); posteriormente, fueron llevadas al Laboratorio de Resistencia de Materiales de la sección de Ingeniería Mecánica de la P.U.C.P. en donde se les aplicó una carga de 500g. sobre la superficie (Indentación), con el fin de determinar la microdureza.

Finalmente, se realizaron las indentaciones en la superficie de cada una de ellas, utilizando un indentador de última generación ZWICK / ROLL Indentec ZHV, con un aumento (ocular) de 20X para divisar mejor la huella; dichos datos fueron registrados en el computador bajo un programa CHV30 UK de medida de indentación Vickers, proporcionada por el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la sección de Ingeniería Mecánica de la P.U.C.P. obteniendo un total de 90 muestras indentadas.

Luego de realizar la conversión de micras a  $\text{kg}/\text{mm}^2$ , se procedió al vaciamiento de la información en la ficha de recolección de datos.



Figura 3: Indentación Vickers.

El análisis estadístico, consistió en la manipulación de hechos y números, para lograr cierta información que nos ayudará a tomar decisiones apropiadas; la idea principal del presente estudio fue lograr cierta información válida y confiable.

Para ello, en dicha investigación, se utilizó un grupo de técnicas estadísticas, los mismos que sirvieron para obtener la información acerca de:

- Media, desviación típica, mínimo, máximo: para establecer que hay en los datos y que tanto varían.
- Varianza (ANOVA): prueba de hipótesis, utilizada para confrontar la variabilidad de varias fuentes de datos; la variabilidad dentro del mismo grupo de datos y la variabilidad entre los diferentes grupos de datos.
- HSD de TUKEY: para evaluar cuan homogéneas son las muestras.

Según las consideraciones éticas para el desarrollo del presente estudio, se obtuvo la exoneración de la misma por el comité de ética, debido a que es un estudio in vitro que no presentó implicancias éticas debido a que se trabajó con materiales inertes.

### RESULTADOS

Tabla N°1, en el uso del estadístico ANOVA, se pudo evidenciar una probabilidad de  $p=0,00 < 0,05$ ; lo que determina que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, por lo que se evaluará si los 3 grupos son distintos o hay uno de ellos que difiere de los otros dos.

Tabla N° 2, se realizó la prueba estadística de TUKEY, para evaluar cuan homogéneas son las muestras; encontrándose que la técnica *softstar* no presentaba homogeneidad con las otras técnicas (Significancia  $P < 0,05$ ).

Tabla N° 3, se realizó la prueba estadística de comparación múltiple, para evaluar el grado de significancia entre las muestras obtenidas, según la significancia  $P < 0,05$ ; se encontró que existe diferencia estadísticamente signifi-

cativa en los valores de microdureza en la técnica *softstar* con respecto a las otras técnicas.

Los resultados encontrados en el presente estudio, muestran diferencias estadísticamente significativas en la microdureza del material de resina compuesta de nanopartículas, según la técnica de fotopolimerización empleada, lo que podría ser beneficioso en la aplicación de esta resina con asociación de la técnica, para poder ser utilizado en cavidad oral con resultados óptimos.

**Tabla N° 1.- Análisis de la varianza (ANOVA), para la microdureza en la resina compuesta de nanopartículas, según la técnica de fotopolimerización complementaria**

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8 669 651	2	4 334 825	14 311	,000
Intra-grupos	26 352 487	87	302 902		
Total	35 022 138	89			

**Tabla N° 2.- Subconjuntos homogéneos: HSD de Tukey**

TIPOS_FOTO	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2	1
NANO INTERMITENTE	30	396,1933	
NANO LUZ INTENSA	30	403,7033	
NANO SOFT STAR	30		419,7267
Sig.		,222	1 000

**Tabla N°3.- Comparaciones múltiples: Variable dependiente: MICRODUREZA (Mpa) - HSD de Tukey**

(I) TIPOS_FOTO	(J) TIPOS_FOTO	Diferencia de medias (I-J) Límite inferior	Error típico Límite superior	Sig. Límite inferior	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
NANO SOFT STAR	NANO INTERMITENTE	23,53333(*)	4,49372	,000	12,8182	34,2485
NANO INTERMITENTE	NANO LUZ INTENSA	16,02333(*)	4,49372	,002	5,3082	26,7385
	NANO SOFT STAR	-23,53333(*)	4,49372	,000	-34,2485	-12,8182
	NANO LUZ INTENSA	-7,51000	4,49372	,222	-18,2252	3,2052
NANO LUZ INTENSA	NANO SOFT STAR	-16,02333(*)	4,49372	,002	-26,7385	-5,3082
	NANO INTERMITENTE	7,51000	4,49372	,222	-3,2052	18,2252

## DISCUSIÓN

Edevilson Barbosa Gomes Filho; Paulo Fonseca Menezes Filho; Claudio Heliomar Vicente da Silva; Mário Alexandre Coelho Sinhoreti (2008)<sup>1</sup>, demostraron que todas las técnicas de polimerización complementaria en todos los grupos, fueron eficientes en el aumento de microdureza Knoop del composite; la región de

superficie presentó los mayores valores de microdureza Knoop en relación a la región de hondo; el Grupo 5 (prototipo experimental) fue la que obtuvo el mejor desempeño y los mayores valores de medias de microdureza Knoop, con diferencias estadísticamente significantes para los demás.

Riza AA; Fahinur ED; Dilsah CD; Asli TA; Metin TP; El-sin KT (2008)<sup>2</sup>; evaluaron la microdureza y la resistencia comprensiva de tres tipos de resinas, concluyendo que en cavidades profundas es importante incrementar el tiempo de fotocurado para maximizar la microdureza y resistencia comprensiva de los materiales restauradores.

Con respecto a la microdureza, debemos de tener en cuenta que existen diversas pruebas para poder realizar los procedimientos adecuados, sólo debemos estar enfocados al tipo de material, color, tamaño y superficie, que nos llevará a escoger la mejor prueba, considerando que en el presente estudio se realizó comparaciones en microdureza Vickers en una resina compuesta de nanopartículas en 90 muestras, divididos en tres grupos de 30 respectivamente: G1 RCN - técnica *softstar*; G2 RCN - técnica intermitente; G3 RCN - técnica alta intensidad, encontrándose diferencia estadísticamente significativa en la técnica *softstar* con respecto a las otras dos.

Alfredo Narváez Rascón; Ronell Bologna Molina; Eduardo Serena Gómez; Erasmo Orrantia Borunda; Mario Makita Aguilar; Martina Narváez Rascón (2010)<sup>3</sup>, compararon la profundidad de polimerización provocada en una resina compuesta de uso dental, por dos sistemas convencionales de fotocurado y un láser Innova 300 adaptado experimentalmente a una longitud de onda de 488nm, obteniéndose según la prueba de ANOVA diferencias significativas entre las fuentes de curado (halógena 440 mW/cm<sup>2</sup>>LED 810mW/cm<sup>2</sup>>Láser 174mW/cm<sup>2</sup> p=0,016), considerando que la LED manifestó mayor densidad de potencia mas no supero la microdureza provocada por el sistema halógeno, concluyendo que la fuente de fotocurado halógeno de 440mW/cm<sup>2</sup> de potencia, produjo mayores microdurezas en el material así como también mayores temperaturas al sensor durante el fotocurado, respecto a los otros sistemas empleados.

Fabio Martins; Alberto Carlos Botazzo Delbem; Luis Roque de Araújo dos Santos; Hugo Leonardo de Oliveira Soares; Eleonora de Oliveira Bandolin Martins (2002)<sup>8</sup>, evaluaron la influencia de la intensidad de luz y el color en una resina compuesta con la dureza Knoop. Las probetas fueron confeccionadas, utilizando las matrices de poliéster envueltas por un anillo de cobre, conteniendo una cavidad estandarizada de 6 mm de diámetro por 2mm de espesor. Estas cavidades fueron llenadas con resina compuesta: Fill Magic - Vigodent, con los colores A3, B3, C3, D3 e I, fotopolimerizadas a través de un fotopolimerizador Elipar, calibrado para producir 3 intensidades de luz diferentes: 450 mW/cm<sup>2</sup>, 800 mW/cm<sup>2</sup> y una intensidad de luz creciente de 100 a 800 mW/cm<sup>2</sup>; fueron confeccionados 90 probetas de prueba en un tiempo de exposición de una resina a luz halógena por 40 seg., las muestras fueron almacenadas en tubos de ensayo con agua destilada a 37 ± 1°C; después de este período, fueron realizados los test de dureza Knoop, en la superficie y fondo. Los resultados mostraron que hubo diferencia estadística en relación a intensidad de luz, entretanto en relación al color, no hubo diferencia estadística. Los autores concluyeron que el

color del composite no influencia la dureza Knoop y que la intensidad progresiva, promueve los mejores resultados de dureza Knoop.

Concuerdo con los autores mencionados, en la cual consideran de mucha importancia la intensidad de la luz y la profundidad respectivamente, con la particularidad que en los grupos trabajados se consideró la norma de acuerdo al espesor de la resina compuesta de nanopartículas de 2mm y la intensidad aplicada en las muestras, dependió de la técnica de fotopolimerización complementaria 500mW/cm<sup>2</sup> - 1 300mW/cm<sup>2</sup>; encontrando variación entre las técnicas trabajadas.

José David Ruan Antury; Osnara Mongruel Gomes; Carlos Gomes Joao; Alessandro Dourado Loguerio; Alessandra Reis (2009)<sup>4</sup>, evaluaron la dureza en la superficie y la base de dos resinas fotoactivadas, empleando unidades de polimerización equipadas con luz emitida por diodos y una lámpara de luz halógena con diferentes tiempos de exposición 20, 40, 60 seg., se realizó la medición con microdureza Vickers a una carga de 50 gr. demostrando en el análisis estadístico ANOVA y test de Tukey que no hay diferencia significativa entre sus variables concluyendo que ambos sistemas de luz fueron eficaces en un tiempo de exposición de 40 seg. o superior a ello.

Diego Horning; Joao Carlos Gomes; Osnara Maria Mongruel Gomes; Lidia Yileng Tay Chu Jon; John Alexis Dominguez (2012)<sup>5</sup>, evaluaron el grado de conversión de dos resinas compuestas, utilizando tres diferentes fotoactivadores LED, los valores de grado de conversión fueron evaluados por el análisis de varianza de Kruskal-Wallis y pos test de Dunn, con un nivel de significancia de 95%. Obteniendo como resultado un mayor grado de conversión de las resinas compuestas estadísticamente significativo para las LED de tercera generación.

Louise Jacqueline Webb Linares; Giovanna Elizabeth Reynoso Zeballos; Manuel Lagravere Vich; Leyla Antoinette Delgado Cotrina (2009)<sup>6</sup>, compararon la microdureza superficial de una resina compuesta según el tipo de lámpara o fuente de luz, opacidad y tiempo de exposición. Las muestras se evaluaron utilizando la prueba de microdureza Vickers con un microdurómetro HMV-2 (Shimadzu Kyoto, Japón), en la superficie superior e inferior. Los datos fueron analizados a través de la prueba de ANOVA/Tukey; para detectar diferencias entre las superficies se empleó el análisis T de Student para muestras pareadas. Los mayores valores de microdureza superficial fueron para la resina enamel trans super clear. La lámpara halógena proporcionó mayores valores de microdureza superficial. Para las lámparas LED no hubo diferencia significativa a los 20, 40 y 60s. Para la lámpara halógena a los 2s. se obtuvo los menores valores de microdureza, entre 40 y 60s. no hubo diferencia significativa.

Si bien es cierto que los componentes citados por los autores son necesarios para que el material sea versátil

y cumpla con todos los requisitos, es necesario saber que no solo se debe tener referencia a dichos componentes sino a una serie de caracteres que conlleven al éxito durante la inserción en los dientes (estructura dental, grabado, adhesión, fotocurado, etc); por ello en este estudio se enfatizó el uso de la LED para poder llegar a la conversión de la resina compuesta de nanopartículas deseada, empleando técnicas de fotopolimerización complementaria, que lleven al éxito en la polimerización de una restauración; encontrando según ANOVA, valores de significancia entre los grupos.

Michele P. M. Ulhoa; Lúcio R. S. Santana; Eduardo C. Bianchi; Carlos E. D. Cruz; Paulo R. Aguiar; César A. de Freitas; Márcia F. A. de Freitas (2007)<sup>7</sup>, comparación las resinas poliméricas dentarias, polimerizadas por aparatos basados en lámpara halógena e diodo emisor de Luz (LED), utilizándose el método de disco rectificado para odontología y sus respectivos valores de microdureza. Fueron realizados test en estas resinas compuestas en 5 diferentes marcas, polimerizadas a tiempos de 10, 20 e 40 seg. El análisis estadístico de los valores de microdureza permitió concluir que estadísticamente no hay correlación entre esas propiedades. En el análisis de microdureza, la heterogeneidad de característica del material implicó en resultados con valores de desviación relativamente altos, de forma que no fue encontrada diferencia estadística entre las muestras evaluadas. En el análisis estadístico de los ensayos basados en el método de disco rectificado, la resina que presentó mayor desgaste en los ensayos, fue la Tetric Ceram, polimerizada por el aparato de LED por 10 seg., cuyo valor medio de agresividad obtenido fue 0,170 mm<sup>3</sup>/N.m. La resina que sufrió menor desgaste fue la Charisma, polimerizada por lámpara incandescente, por un tiempo de 20 seg., cuya media de los valores de agresividad fue 0,057 mm<sup>3</sup>/N.m.

Danny Noguera González; Sarelena Tijerino Ayala (2008)<sup>9</sup>, realizaron un análisis comparativo del grado de polimerización y dureza de diferentes tipos de resina compuesta, utilizando lámparas LED de segunda generación y lámpara de luz halógena, se realizó en bloques de resina de 2 mm y de 4 mm. con diferentes tiempos de exposición 20 y 40 seg., utilizando tres LED de segunda generación y una lámpara de luz halógena, concluyendo que si bien es cierto las LED presentan características óptimas no se pueden comparar con el uso de la luz halógena con respecto a la dureza que puedan presentar la resinas en estudio, presentando una diferencia significativa entre las muestras.

Arana G. (2000)<sup>10</sup>, comparó diferentes resinas de fotocurado, utilizando la técnica diferida (incremental oblicua) y la dureza de cada una de las resinas de fotocurado bajo estudio, observó que la Z100 y Z250 ambos de la casa 3M, obteniendo mejores resultados en profundidad de (7,2mm para ambos) y en dureza a una distancia de la superficie de (7,4mm) con un valor para la Z100 de (64,7) y para la Z250 de (48,5) a 1kg microdureza Vickers. Los diferentes tipos de resinas presentaron menor rango de profundidad de curado al utilizar la técnica LED los cua-

les fueron de (1,6 a 2,8 mm); las resinas de fotocurado que mejor profundidad de polimerización obtuvieron con las diferentes técnicas fueron: Z100 A2 de la 3M y la Z250 A2 de la 3M.

Es necesario que se tenga bien claro cierto parámetros en la inserción de una resina compuesta y el uso de intensidades de luz, con la finalidad de no producir una contracción excesiva del material con el sustrato, en el presente estudio se trató de no cometer ciertos errores en inserto; se trabajó con la técnica incremental oblicua y con diferentes técnicas de fotopolimerización complementaria, con la finalidad de apreciar cuál de ellas se comporta mejor en la conversión de dicho material, encontrando valores de significancia entre el grupo *softstar* con las otras dos técnicas, mientras que con la técnica intermitente y alta intensidad presentó valores homogéneos, no significativos.

Debemos de tener en cuenta, que en la actualidad las resinas compuestas en especial las de nanopartículas, superan los valores de microdureza en la dentina y se van acercando a los valores de microdureza en el esmalte, por ello no solo debemos de tener en cuenta las características del material, sino también de los protocolos de inserto y en especial del uso adecuado de las LEDs, con la finalidad de mejorar cada vez más el grado de conversión en el uso de una resina compuesta dentro de una cavidad.

Se concluye que la resina compuesta de nanopartículas, expuesta con la técnica *Softstar*, presenta mayor microdureza, frente a las expuestas con las otras técnicas; por lo que se recomienda el uso de esta técnica en la polimerización de una resina compuesta en cada incremento tanto en el sector anterior como posterior; con la finalidad de producir mayor conversión del monómero a polímero y de esta manera perdurar en el tiempo.

**Fuente de financiamiento:** Autofinanciado.

**Conflictos de interés:** El autor declara no tener conflictos de interés en la publicación de este artículo.

## REFERENCIAS

1. Gomes Filho Edevilson Barbosa, Menezes Filho Paulo Fonseca, Vicente da Silva Claudio Heliomar, Coelho Sinhoreti Mário Alexandre. Evaluación de la dureza Knoop de resina compuesta en función de la variación de la técnica de polimerización complementaria. Acta Odontol. Venez [Internet]. 2008 Mar [citado 7 de febrero de 2016] ; 46( 1 ): 20-24. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63652008000100005&lng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000100005&lng=es).
2. Alpöz, A. R., Ertuğrul, F., Cogulu, D., Ak, A. T., Tanoğlu, M., & Kaya, E. Effects of light curing method and exposure time on mechanical properties of resin based dental materials. Eur J Dent. 2008; 2:37-42.
3. Narváez A, Bologna R, Serena E, Orrantia E, Makita M, Nevárez M. Microdureza profunda en una resina compuesta fotopolimerizada por diferentes fuentes de luz. Rev. CES Odont. 2010; 23(2):25-32.



4. Ruan Antury J, Mongrue O, Gomes J, Dourado A, Reis A. Efecto del tiempo de exposición sobre la eficacia de polimerización con unidades equipadas con luz emitida por diodos-LED. 2009 [Citado el 17 noviembre de 2015] 1. Disponible en: <http://www.rcio.org/index.php/rcio/article/view/22>.
5. Diego Horning, Joao Carlos Gomes, Osnara Maria Mongrue Gomes, Lidia Yileng Tay Chu Jon, John Alexis Dominguez. Evaluación del grado de conversión de resinas compuestas, después de fotoactivación con lámparas LED. Rev. Colombiana de Investigación en Odontología. 2012 [Citado el 15 noviembre de 2015] ; 3(9):124-130. Disponible en: <https://www.rcio.org/index.php/rcio/article/view/107/219>.
6. Webb L, Reynoso G, Lagraverre, M; Delgado, L. Evaluación de la microdureza superficial de una resina compuesta según fuente de luz, su opacidad y tiempo de exposición. Revista Estomatológica Herediana. 2009; 19(2): 96-102
7. Ulhoa, Michele P. M., Santana, Lúcio R. S., Bianchi, Eduardo C., Cruz, Carlos E. D., Aguiar, Paulo R., Freitas, César A. de, & Freitas, Márcia F. A. de. Comparação da influência entre tempos de polimerização em resinas compostas polimerizadas com LED e luz incandescente. Polímeros. Ciencia e tecnologia [en línea].2007; [Citado el 17 noviembre de 2015];17(3):258-262. Disponible en <https://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282007000300017>
8. Martins F, Delbem ACB, Santos LR de A dos, Soares HL de O, Martins E de OB. Microdureza de resinas em função da cor e luz halógena. Pesqui Odontol Bras 2002;16(3):246-250.
9. Noguera D, Tijerino S. Lámparas LED vs. halógenas. Odontología Vital. 2008; 1(9):15-20.
10. Arana G. Profundidad y dureza de polimerización en resinas de fotopolimerización usando diferentes técnicas de polimerización. Universidad Santiago de Cali. 2000;15(5):26-28

Recibido: 10/02/16  
Aprobado: 10/04/16

**Citar como:** Málaga-Rivera J. Técnicas de fotopolimerización complementaria en la evaluación de la microdureza en una resina compuesta de nanopartículas. KIRU. 2016;13(1):51-59.